

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

1416-02
JC997 U.S. PTO
09/940716
08/29/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 8月30日

出願番号

Application Number:

特願2000-261284

出願人

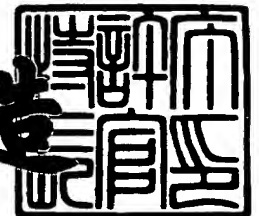
Applicant(s):

日本板硝子株式会社

2001年 8月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3076282

【書類名】 特許願

【整理番号】 00P251

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号 日本板硝子株式会社内

【氏名】 村口 功

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号 日本板硝子株式会社内

【氏名】 國定 照房

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号 日本板硝子株式会社内

【氏名】 関口 幸成

【特許出願人】

【識別番号】 000004008

【氏名又は名称】 日本板硝子株式会社

【代表者】 出原 洋三

【代理人】

【識別番号】 100069084

【弁理士】

【氏名又は名称】 大野 精市

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012298

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9706787

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 偏光フィルタおよびそれを用いた光学装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射光波長における屈折率の異なる複数の誘電体材料を、第一群に属する誘電体材料の屈折率の最大値が第二群に属する誘電体材料の屈折率の最小値より小さくなるように分類し、透明平板基板上に第一群の誘電体材料から選択した誘電体薄膜と第二群の誘電体材料から選択した誘電体薄膜とを交互に各 1 層以上積層し、その最表面に前記第一群から選択した誘電体材料中の最大の屈折率より大きく、かつ第二群から選択した誘電体材料中の最小の屈折率より小さい屈折率をもつ誘電体薄膜を 1 層積層した構造からなることを特徴とする偏光フィルタ。

【請求項 2】

入射光波長における屈折率の異なる複数の誘電体材料を、第一群に属する誘電体材料の屈折率の最大値が第二群に属する誘電体材料の屈折率の最小値より小さくなるように分類し、透明平板基板上に第二群の誘電体材料から選択した誘電体薄膜と第一群の誘電体材料から選択した誘電体薄膜とを交互に各 1 層以上積層し、その最表面に前記第一群から選択した誘電体材料中の最大の屈折率より大きく、かつ第二群から選択した誘電体材料中の最小の屈折率より小さい屈折率をもつ誘電体薄膜を 1 層積層した構造からなることを特徴とする偏光フィルタ。

【請求項 3】

前記第一群から選択した誘電体薄膜と第二群から選択した誘電体薄膜とを交互に各 1 層以上 4 層以下積層したことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の偏光フィルタ。

【請求項 4】

前記第一群と第二群から選択された隣り合う誘電体薄膜の入射光波長に対する屈折率差が 0.15 以上 1.2 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の偏光フィルタ。

【請求項 5】

前記各誘電体薄膜の光学膜厚が入射光波長 λ に対して $0.25\lambda \pm 0.15\lambda$

の範囲にあることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の偏光フィルタ。

【請求項 6】

請求項 1 または 2 に記載の偏光フィルタを用いた光学装置において、前記偏光フィルタへの入射角が 20°～70°であることを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光通信、光学センサー、光学測定装置等の光学技術分野において、取り扱う光の偏光状態を制御するために用いられる偏光フィルタおよびそれを用いた光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ通信などに応用される光学系では、光ファイバを伝搬してくる入射光が異なる強度比率の s 偏光と p 偏光成分を含んでいる場合が多い。このような入射光を、s 偏光と p 偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に補償する、もしくは無偏光の入射光を、所望の s 偏光と p 偏光の強度比率に偏光させるといった機能をもつ偏光素子および光学装置が要求される。

【0003】

入射光の偏光状態を制御するための光学素子としては、透明プリズムまたは平板透明基体上に、高屈折率材料と低屈折率材料を交互に数 10 層程度積層した構成を有する偏光ビームスプリッタがよく知られている。偏光ビームスプリッタではブリュースタ条件を満足するように光学多層膜が施されており、p 偏光のみを透過させ、s 偏光を完全に遮断することが可能である。

【0004】

このような偏光ビームスプリッタは、ブリュースタ角における反射または透過光を利用しており、ニコルプリズムのような結晶の複屈折性を利用した偏光子に比べれば、使用可能な波長範囲は狭くなるが、反射光、透過光ともに優れた偏光度が得られ、量産性が高く安価であることから広く用いられている。

【0005】

しかし偏光ビームスプリッタは入射光のs偏光成分とp偏光成分を完全に分離することを目的とした素子であり、上記のようなs偏光とp偏光の強度比率を所望の状態に補償するといった目的での利用には適さない。

一方、ガラスのような透明平板に光を斜め入射すると、s偏光とp偏光の透過率が変化することが知られており、上記のような目的には、この特性を利用した偏光フィルタの方がむしろ適している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、透明平板を用いて偏光度を大きくするためには、入射角（入射光とその入射する透明平板の法線とのなす角）を大きくする必要があり、これを光学装置として用いた場合、装置の筐体が大型化してしまうという問題があった。また、この入射角を大きくすると、s偏光およびp偏光とも低透過領域で用いることになり、取り出せる光の強度が低下するという避けられない問題があった。

【0007】

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであって、s偏光とp偏光の強度比を所望の状態に補償することのできる偏光フィルタおよびそれを用いた光学装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の偏光フィルタは、つぎのように構成する。まず入射光波長における屈折率の異なる複数の誘電体材料を、第一群に属する誘電体材料の屈折率の最大値が第二群に属する誘電体材料の屈折率の最小値より小さくなるように分類する。透明平板基板上に第一群の誘電体材料から選択した誘電体薄膜と第二群の誘電体材料から選択した誘電体薄膜とを交互に各1層以上積層する。その後、最表面に前記第一群から選択した誘電体材料中の最大の屈折率より大きく、かつ第二群から選択した誘電体材料中の最小の屈折率より小さい屈折率をもつ誘電体薄膜を1層積層する。基板表面に接する誘電体薄膜は第一群、第二群のいずれから選択してもよい。また第一群から選択した誘電体薄膜と第二群から選択した誘電体薄膜

とを交互に各 1 層以上 4 層以下積層することにより十分な効果が得られる。

【0 0 0 9】

前記第一群と第二群から選択された隣り合う誘電体薄膜の入射光波長に対する屈折率差は 0.15 以上 1.2 以下であることが望ましく、また各誘電体薄膜の光学膜厚は入射光波長 λ に対して $0.25\lambda \pm 0.15\lambda$ の範囲にあることが望ましい。

【0 0 1 0】

さらに上記の偏光フィルタを用いた光学装置においては、偏光フィルタへの入射角が 20°～70°であることが好ましい。

【0 0 1 1】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態について説明する。

高屈折率層と低屈折率層を交互に積層した多層膜構造の透過または反射特性が偏光に依存することは一般によく知られている。s 偏光または p 偏光のいずれか一方の入射光のみを完全に透過または反射させる目的には層数は最低でも 10 層以上必要となるが、本発明の目的のように偏光度が小さくしてもよい場合には、層数は 9 層以下で実現可能である。また実際には、光の入射角のばらつき、膜材料の屈折率のばらつき、各層の膜厚ばらつき等が多かれ少なかれ存在するため、層数が少ないほど光学特性は安定する。さらに経済性等も考慮すれば層数は少なければ少ないほど望ましい。そこで本発明では、層数目標を 10 層未満とした。

【0 0 1 2】

このような本発明の目的を達成するための膜構成を見出すため、初めにマトリックス法と呼ばれる方法を用いてシミュレーションを行った。この方法については H. A. Macleod 著、「光学薄膜」（日刊工業新聞社）に詳細に説明されている。

【0 0 1 3】

このシミュレーションにより、本発明者らは図 1 に示すような基板 10 上に誘電体膜の積層構造 20 を設けることにより、s 偏光と p 偏光の強度比率がある波長で 1 : 1 ～ 5 : 1 の範囲にある入射光 5 を、その入射角 θ を設定することによ

って s 偏光透過率と p 偏光透過率が等しい無偏光状態の光を出射する多層膜構成を見出した。同様に無偏光のある波長の光を s 偏光と p 偏光の透過比率を 1 : 1 ~ 1 : 5 の範囲に偏光し得る多層膜構成を見出した。その基本構成は基板 10 上に高屈折率誘電体薄膜 1 と低屈折率誘電体薄膜 2 を交互に各 1 層以上 4 層以下積層し、最上層にこの二種類の誘電体薄膜 1, 2 の中間の屈折率をもつ誘電体薄膜 3 を積層したものである。基板上に低屈折率誘電体薄膜を先に積層する構成も可能である。また高屈折率誘電体薄膜、低屈折率誘電体薄膜はともそれぞれ屈折率の異なる複数の誘電体材料群から構成することもできる。その場合、最上層の誘電体の屈折率は、高屈折率誘電体のなかで最小の屈折率より小さく、かつ低屈折率誘電体のなかで最大の屈折率より大きくなるように設定する。

【 0 0 1 4 】

またこの偏光フィルタ表面上の法線 9 に対する光の入射角 θ を 20 ~ 70 度の範囲にすることにより上記の透過比率を得ることができる。好ましくは入射角度を 45 度以下に小さくする方が、光学装置として用いる際に装置の筐体を小さく保つことができるため好ましい。

【 0 0 1 5 】

本発明においては平板透明基体について特に限定はされない。ただし光学的な干渉効果を利用することから、基体表面は光学的に平坦なことが必要である。

【 0 0 1 6 】

本発明では、誘電体材料として酸化チタン、酸化タンタル、酸化ジルコニウム、酸化ニオブ、酸化マグネシウム、窒化珪素、酸化イットルビウム、酸化ハフニウム、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムなどの金属酸化物や弗化マグネシウム、弗化カルシウム、弗化リチウムなどの金属弗化物を用いることができる。

【 0 0 1 7 】

本発明に利用する透明誘電体薄膜の成膜方法は特に限定されるものではない。真空蒸着成膜法、スパッタリング成膜法、ソルゲル成膜法、化学的気相成長法 (CVD 法)、イオンプレーティング法等の種々の成膜方法が利用可能である。

以下にいくつかの実施例を示す。

【 0 0 1 8 】

【実施例 1】

100 mm×100 mm×1.1 mm 厚の無アルカリガラス基板を真空蒸着装置内にセットし、装置に備え付けられた油拡散ポンプにより 0.0025 Pa まで排気を行った。排気と同時に装置内の基板加熱ヒーターによりガラス基板を 250℃ まで加熱した。その後、膜厚 189 nm の酸化チタン膜（屈折率：2.13）、膜厚 286 nm の酸化珪素膜（屈折率：1.46）、膜厚 268 nm の酸化アルミニウム膜（屈折率：1.62）を順に成膜し、偏光フィルタ用多層膜を作製した。各膜の光学膜厚は入射光波長（ λ ）：1550 nm に対して、酸化チタン膜で 0.26 λ 、酸化珪素膜で 0.27 λ 、酸化アルミニウム膜で 0.28 λ に相当する。

【0019】

膜材料の蒸発は電子ビーム加熱により行い、蒸着坩堝からガラス基板までの距離を 100 cm とし、ガラス基板を回転させながら実施した。酸化チタン層の蒸着時には圧力が 0.012 Pa となるように酸素ガスを導入した。酸化珪素層および酸化アルミニウム層の蒸着時にはガスを導入しなかった。

【0020】

得られた偏光フィルタについて波長 1550 nm の光を膜面側から入射した場合の s 偏光透過率および p 偏光透過率を、入射角（入射光と偏光フィルタ表面上法線とのなす角度）を 20 度から 70 度まで種々変えて測定した。この測定結果を図 2 に示す。

【0021】

光の入射角を 38 度とした場合に、s 偏光と p 偏光の透過強度比率が 1 : 1.43 となっており、本偏光フィルタを利用することにより、波長 1550 nm における s 偏光と p 偏光の強度比率が 1.43 : 1 の状態で入射する光を、s 偏光と p 偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御することが可能であることが分かる。

【0022】

【実施例 2】

実施例 1 同様の方法で、膜厚 190 nm の酸化チタン膜、膜厚 322 nm の弗

化マグネシウム膜（屈折率：1.40）、膜厚286nmの酸化珪素膜を順に成膜し、偏光フィルタ用多層膜を作製した。入射光波長（ λ ）：1550nmに対して、酸化チタン膜で0.26 λ 、弗化マグネシウム膜で0.29 λ 、酸化珪素膜で0.27 λ の光学膜厚を有する。

【0023】

なお、酸化チタン層の蒸着時には圧力が0.012Paとなるように酸素ガスを導入した。弗化マグネシウム層および酸化珪素層の蒸着時にはガスを導入しなかった。

【0024】

実施例1同様に、s偏光透過率およびp偏光透過率を測定した結果を図3に示す。

光の入射角を40度とした場合に、s偏光とp偏光の透過強度比率が1:1.43となっており、本偏光フィルタを利用することにより、波長1550nmにおけるs偏光とp偏光の強度比率が1.43:1の状態に入射する光を、s偏光とp偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御することが可能であることが分かる。

【0025】

[実施例3]

実施例1同様の方法で、膜厚180nmの酸化チタン膜、265nmの酸化珪素膜、180nmの酸化チタン膜、265nmの酸化珪素膜、180nmの酸化チタン膜、265nmの酸化珪素膜、242nmの酸化アルミニウム膜を順に積層し、偏光フィルタ用多層膜を作製した。各層の厚みは入射光波長（ λ ）：1550nmに対して全て0.25 λ の光学膜厚を有する。

【0026】

なお、酸化チタン層の蒸着時には圧力が0.012Paとなるように酸素ガスを導入した。酸化珪素層および酸化アルミニウム膜の蒸着時にはガスを導入しなかった。

【0027】

実施例1同様に、s偏光透過率およびp偏光透過率を測定した結果を図4に示

す。

光の入射角度を40度とした場合に、s偏光とp偏光の透過強度比率が1:2となっており、本偏光フィルタを利用することにより、波長1550nmにおけるs偏光とp偏光の強度比率が2:1の状態に入射する光を、s偏光とp偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御することが可能であることが分かる。

【0028】

[実施例4]

実施例1同様の方法で、膜厚195nmの酸化チタン膜、287nmの酸化珪素膜、195nmの酸化チタン膜、287nmの酸化珪素膜、262nmの酸化アルミニウム膜を順に積層し、偏光フィルタ用多層膜を作製した。各層の厚みは入射光波長(λ):1550nmに対して全て0.27 λ の光学膜厚を有する。

【0029】

なお、酸化チタン層の蒸着時には圧力が0.012Paとなるように酸素ガスを導入した。酸化珪素層および酸化アルミニウム膜の蒸着時にはガスを導入しなかった。

【0030】

実施例1同様に、s偏光透過率およびp偏光透過率を測定した結果を図5に示す。

光の入射角度をおよそ40度とした場合に、s偏光とp偏光の透過強度比率が1:3.57となっており、本偏光フィルタを利用することにより、波長1550nmにおけるs偏光とp偏光の強度比率が3.57:1の状態に入射する光を、s偏光とp偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御することが可能であることが分かる。

【0031】

[実施例5]

実施例1同様の方法で、膜厚265nmの弗化マグネシウム膜、229nmの酸化アルミニウム膜、265nmの弗化マグネシウム膜、229nmの酸化アルミニウム膜、265nmの弗化マグネシウム膜、229nmの酸化アルミニウム膜、251nmの酸化珪素膜を順に積層し、偏光フィルタ用多層膜を作製した。

各層の厚みは入射光波長 (λ) : 1 5 5 0 n m に対して全て 0. 2 4 λ の光学膜厚を有する。

【 0 0 3 2 】

実施例 1 同様に、s 偏光透過率および p 偏光透過率を測定した結果を図 6 に示す。

光の入射角度をおよそ 4 5 度とした場合に、s 偏光と p 偏光の透過強度比率が 1 : 1. 3 3 となっており、本偏光フィルタを利用することにより、波長 1 5 5 0 n m における s 偏光と p 偏光の強度比率が 1. 3 3 : 1 の状態で入射する光を、s 偏光と p 偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御することが可能であることが分かる。

【 0 0 3 3 】

[実施例 6]

実施例 1 同様の方法で、膜厚 1 9 0 n m の酸化チタン膜、2 9 4 n m の弗化マグネシウム膜、2 0 7 n m の酸化ジルコニウム膜 (屈折率 : 1. 9 5)、2 7 9 n m の酸化珪素膜、2 5 5 n m の酸化アルミニウム膜を順に積層し、偏光フィルタ用多層膜を作製した。各層の厚みは入射光波長 (λ) : 1 5 5 0 n m に対して全て 0. 2 6 λ の光学膜厚を有する。

【 0 0 3 4 】

なお、酸化チタン層および酸化ジルコニウム層の蒸着時には圧力が 0. 0 1 2 P a となるように酸素ガスを導入した。弗化マグネシウム膜、酸化珪素層および酸化アルミニウム膜の蒸着時にはガスを導入しなかった。

【 0 0 3 5 】

実施例 1 同様に、s 偏光透過率および p 偏光透過率を測定した結果を図 7 に示す。

光の入射角度を 3 0 度とした場合に、s 偏光と p 偏光の透過強度比率が 1 : 1. 4 7 となっており、本偏光フィルタを利用することにより、波長 1 5 5 0 n m における s 偏光と p 偏光の強度比率が 1. 4 7 : 1 の状態で入射する光を、s 偏光と p 偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御することが可能であることが分かる。

【0036】

〔比較例1〕

100mm×100mm×1.0mm厚みのソーダライムガラス板について、波長1550nmの光を入射した場合のs偏光透過率およびp偏光透過率を、入射角を0度から85度まで種々変えて測定した。この測定結果を図8に示す。

【0037】

本ソーダライムガラス板を偏光フィルタとして利用する場合、波長1550nmにおけるs偏光とp偏光の強度比率が1.43:1の状態に入射する光を、s偏光とp偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御するためには、光の入射角度をおよそ60度に、またs偏光とp偏光の強度比率が2:1の状態に入射する光を、s偏光とp偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御するためには、光の入射角度をおよそ75度にする必要があることが分かる。

【0038】

これは、本ソーダライムガラス板を偏光フィルタとして光学装置に用いる際に、装置筐体の大型化の要因となることを示しており、好ましくない。

【0039】

〔比較例2〕

100mm×100mm×1.0mm厚みの石英ガラス板について、波長1550nmの光を入射した場合のs偏光透過率およびp偏光透過率を、入射角を0度から85度まで種々変えて測定した。この測定結果を図9に示す。

【0040】

本石英ガラス板を偏光フィルタとして利用する場合、波長1550nmにおけるs偏光とp偏光の強度比率が1.43:1の状態に入射する光を、s偏光とp偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御するためには、光の入射角度をおよそ62度に、またs偏光とp偏光の強度比率が2:1の状態に入射する光を、s偏光とp偏光の強度比率が等しい無偏光の状態に制御するためには、光の入射角度をおよそ85度にする必要があることが分かる。

【0041】

これは、本石英ガラス板を偏光フィルタとして光学装置に用いる際に、装置筐

体の大型化の要因となることを示しており、好ましくない。

【 0 0 4 2 】

【発明の効果】

本発明の偏光フィルタ用多層膜を利用することにより、s 偏光と p 偏光の強度比率がある波長で 1 : 1 ~ 5 : 1 の比率を有する光を s 偏光透過率と p 偏光透過率が等しい無偏光の状態に補償する、若しくは無偏光のある波長の光を s 偏光と p 偏光の透過比率を 1 : 1 ~ 1 : 5 の比率に偏光し得る。本発明の偏光フィルタ用多層膜を利用する場合には、光の入射角を小さくすることができ、光学装置に用いるには好ましい。また、本発明の偏光フィルタ用多層膜は積層する膜層数を少なくすることが出来るため、経済性にも優れている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の偏光フィルタの断面概略図である。

【図 2】

本発明の偏光フィルタ用多層膜の実施例における透過特性を示す図である。

【図 3】

本発明の偏光フィルタ用多層膜の他の実施例における透過特性を示す図である。

【図 4】

本発明の偏光フィルタ用多層膜の他の実施例における透過特性を示す図である。

【図 5】

本発明の偏光フィルタ用多層膜の他の実施例における透過特性を示す図である。

【図 6】

本発明の偏光フィルタ用多層膜の他の実施例における透過特性を示す図である。

【図 7】

本発明の偏光フィルタ用多層膜の他の実施例における透過特性を示す図である。

【図 8】

ソーダライムガラス板の透過特性を示す図である。

【図 9】

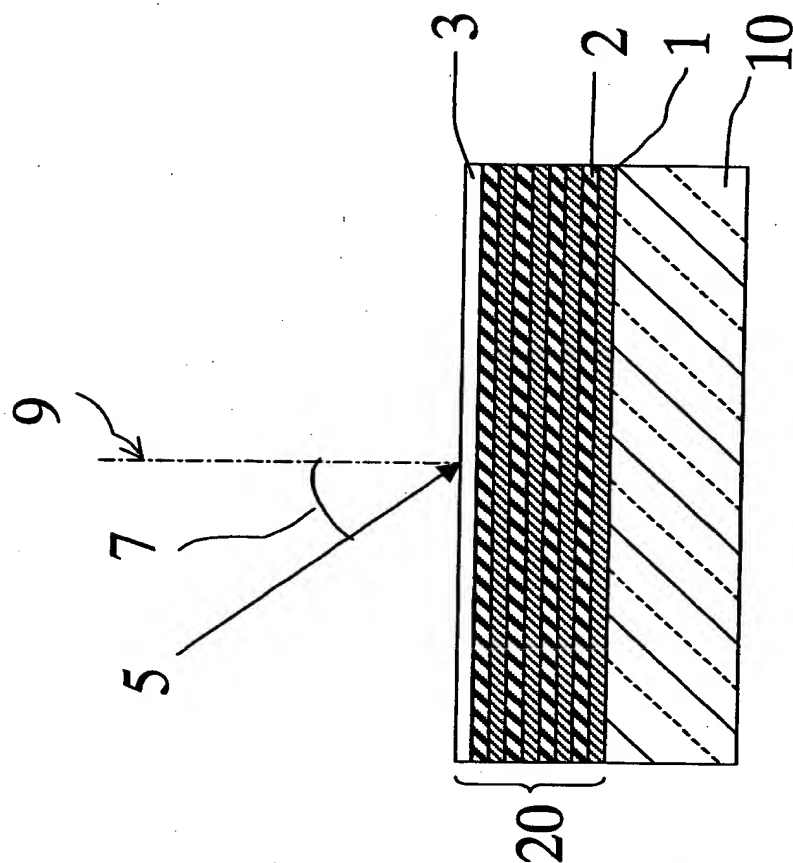
石英ガラス板の透過特性を示す図である。

【符号の説明】

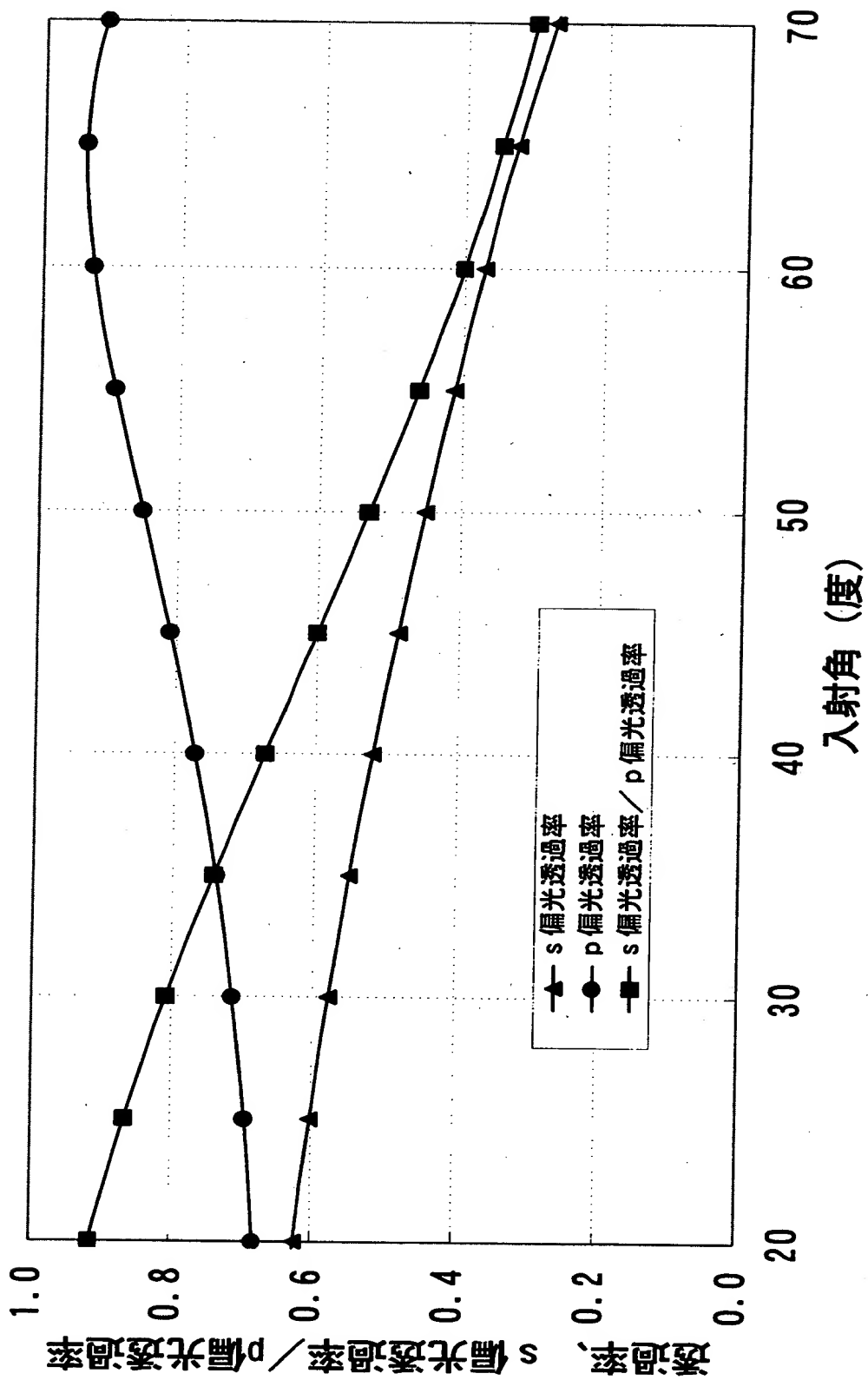
- 1 高屈折率誘電体薄膜
- 2 低屈折率誘電体薄膜
- 3 中間屈折率誘電体薄膜
- 5 入射光線
- 7 入射角
- 9 法線
- 10 透明基板
- 20 誘電体薄膜の積層構造

【書類名】 図面

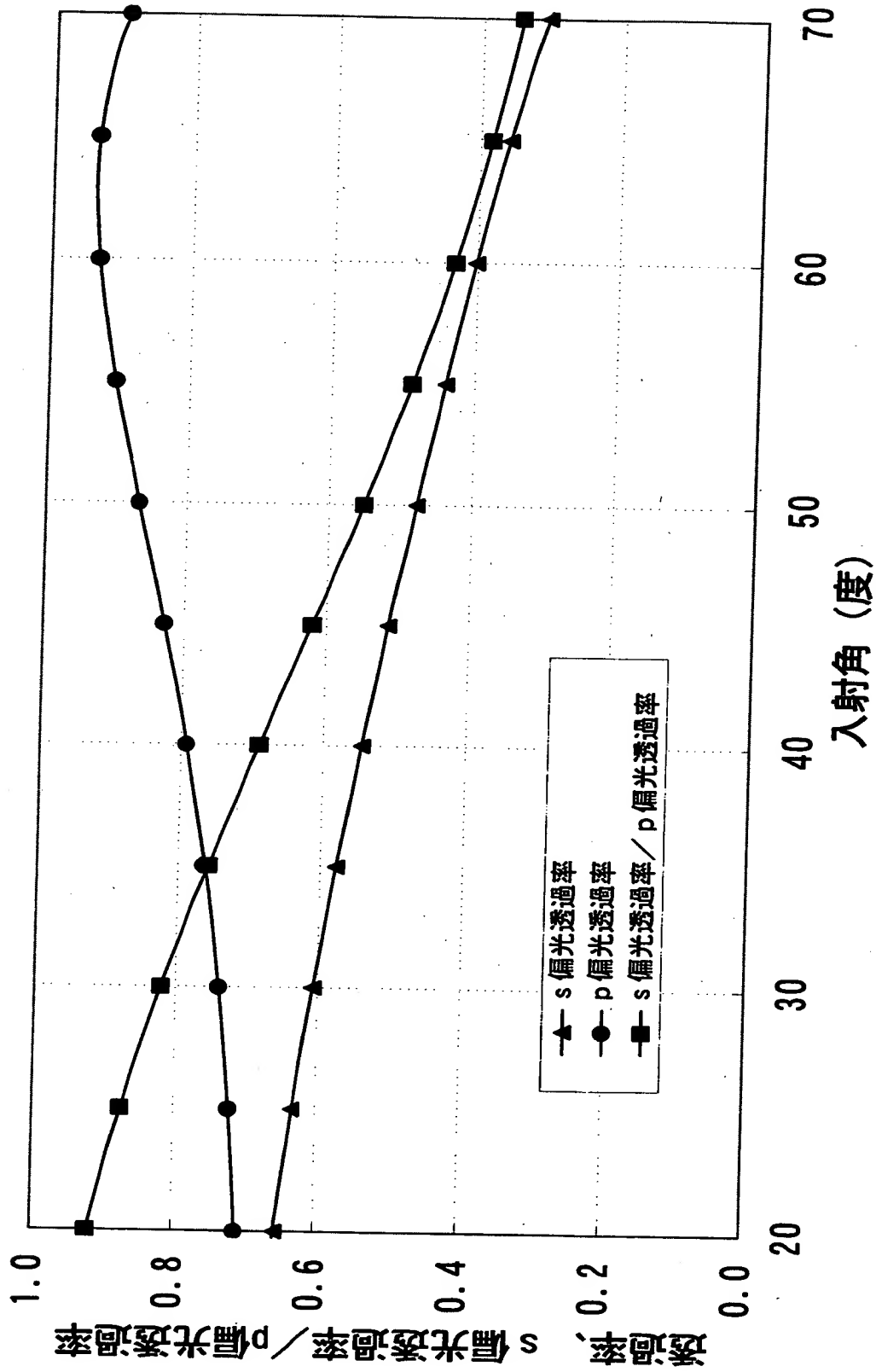
【図 1】



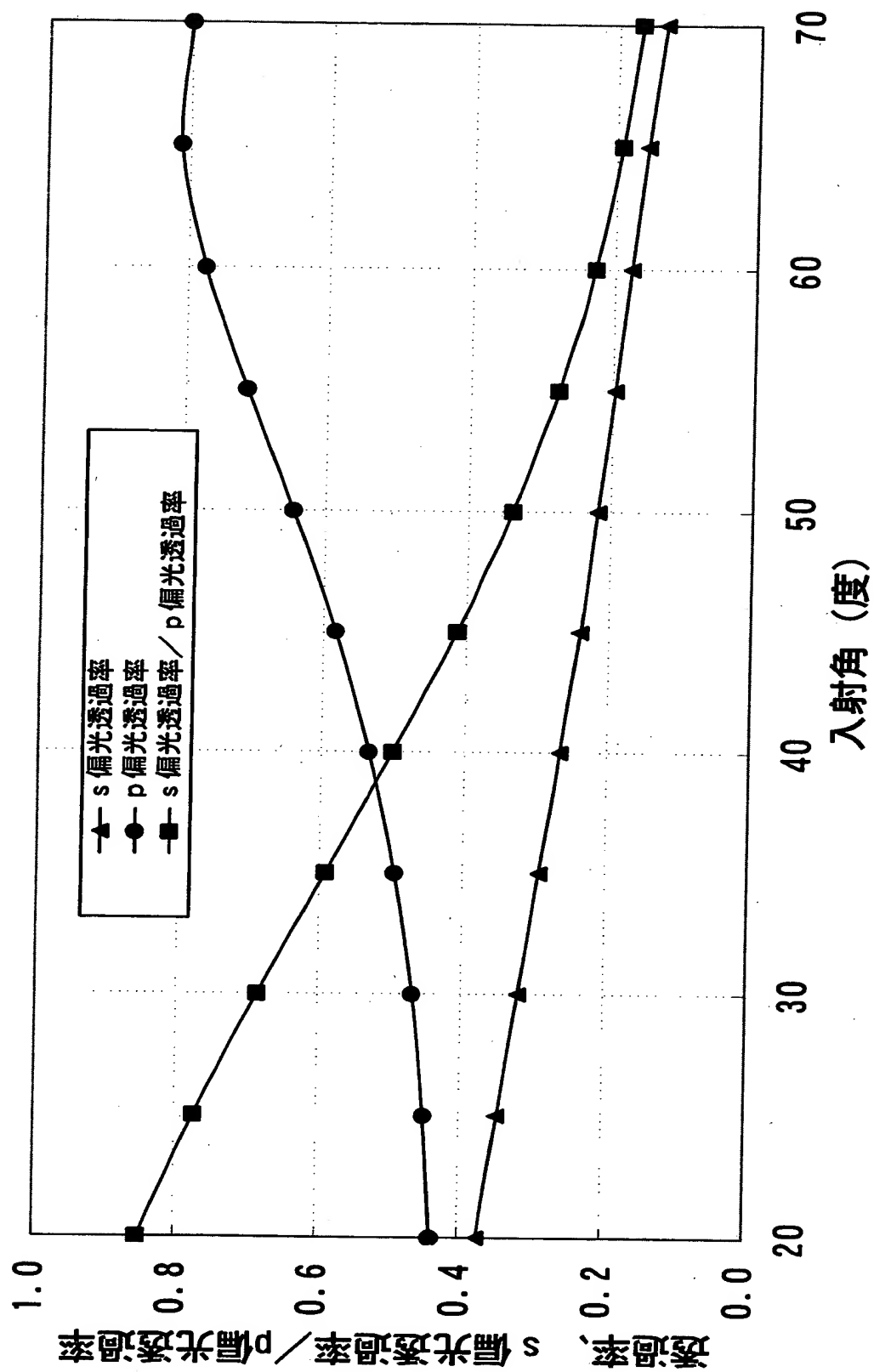
【図2】



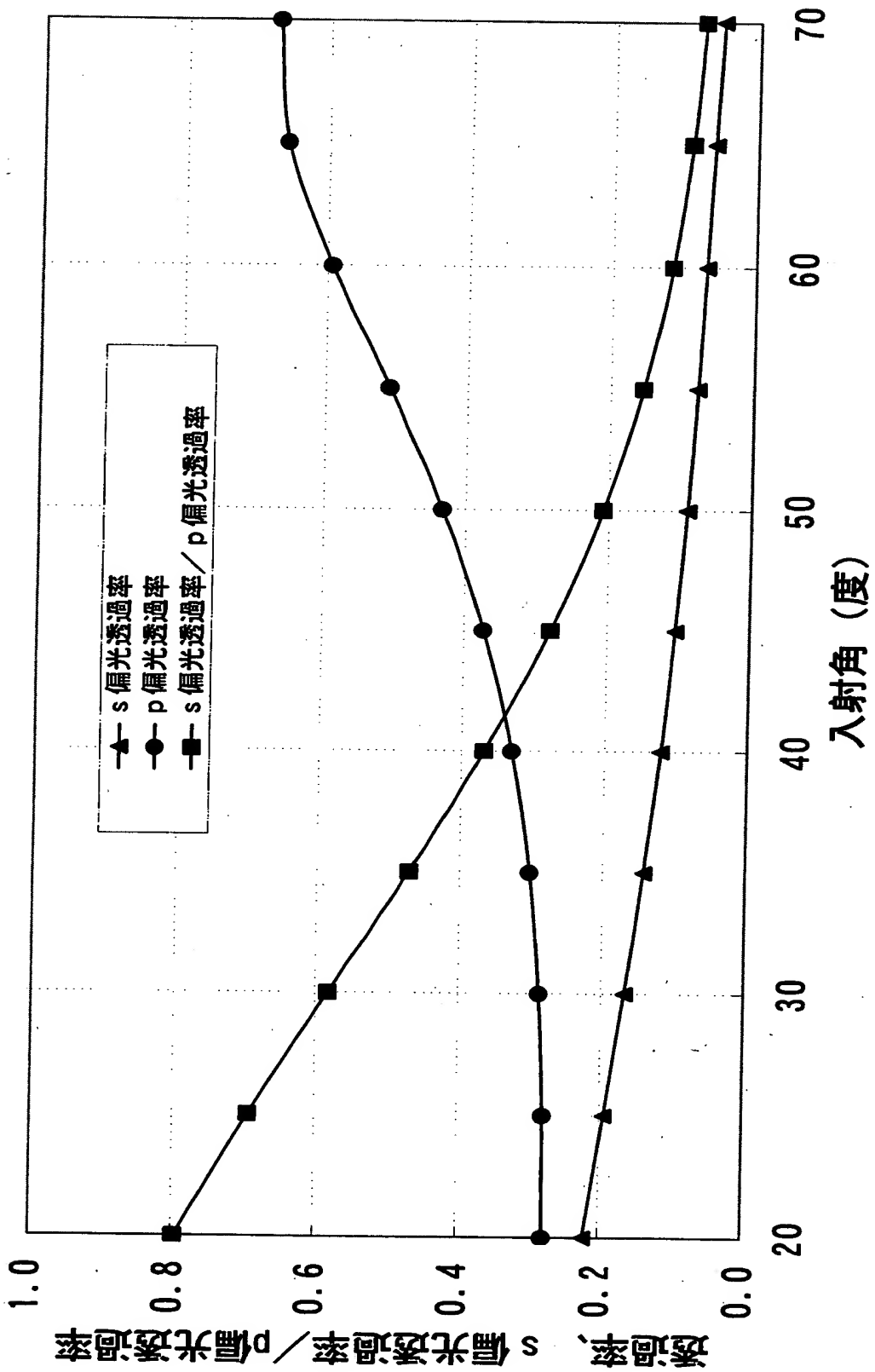
【図 3】



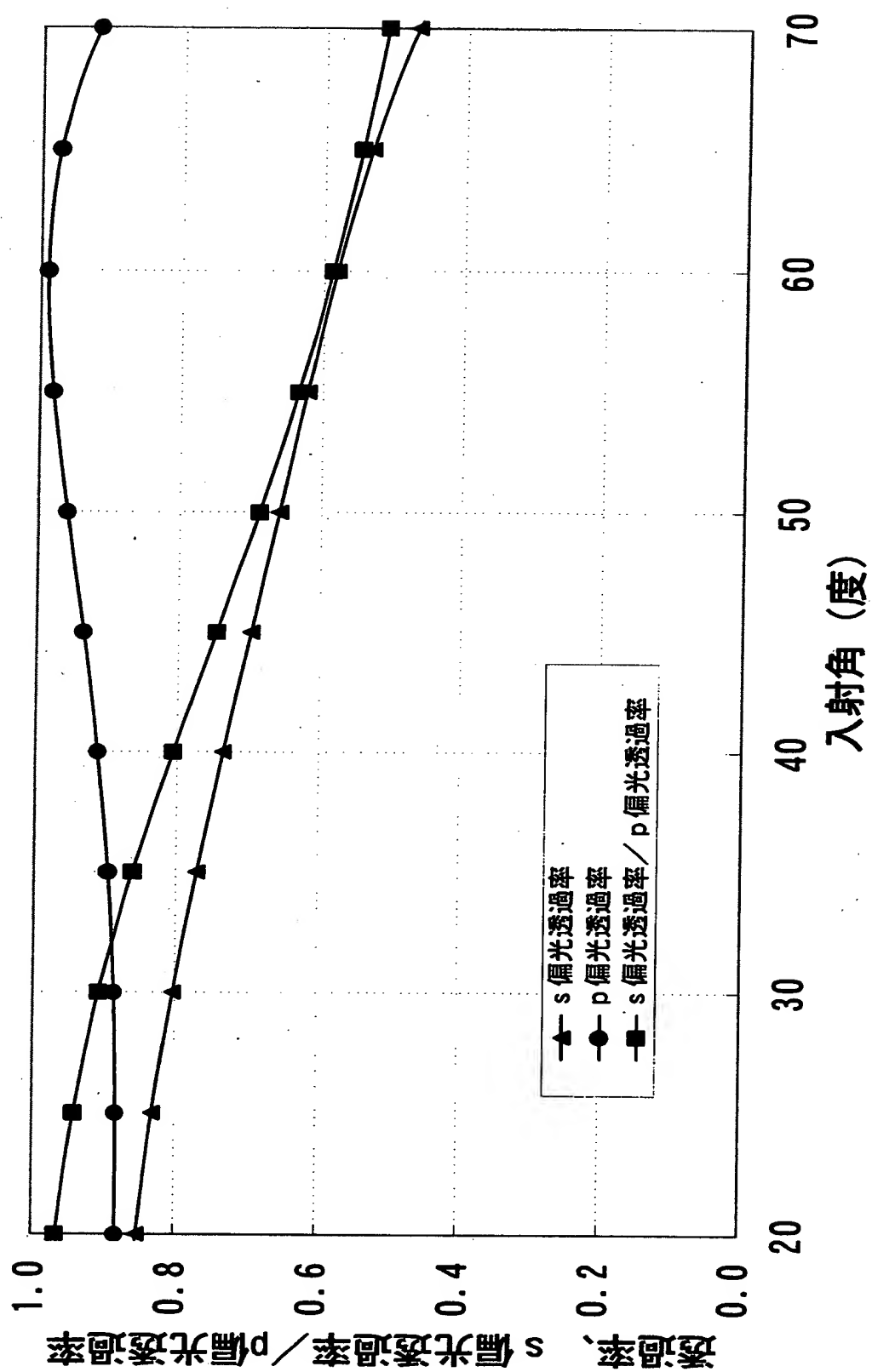
【図4】



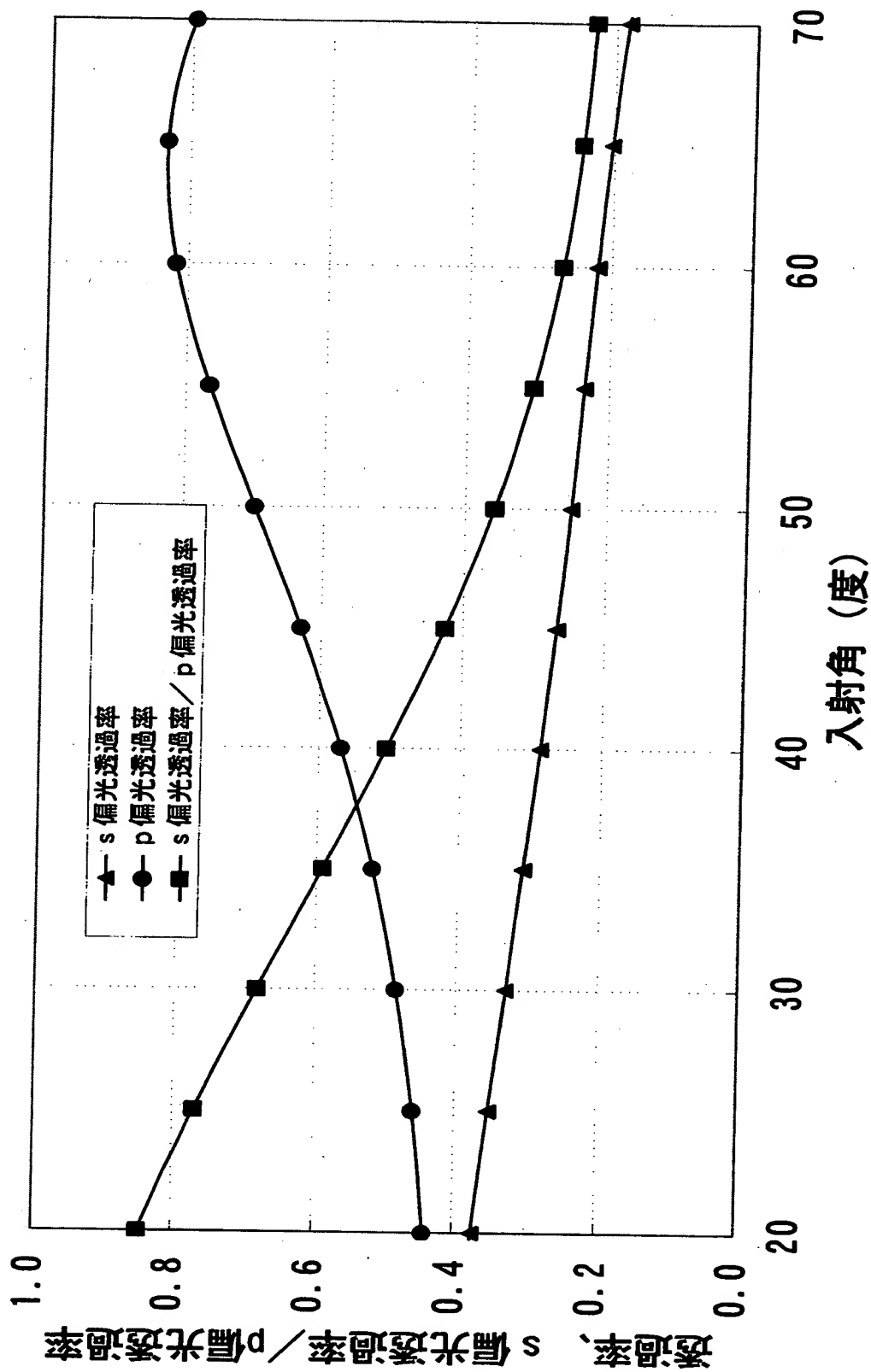
【図5】



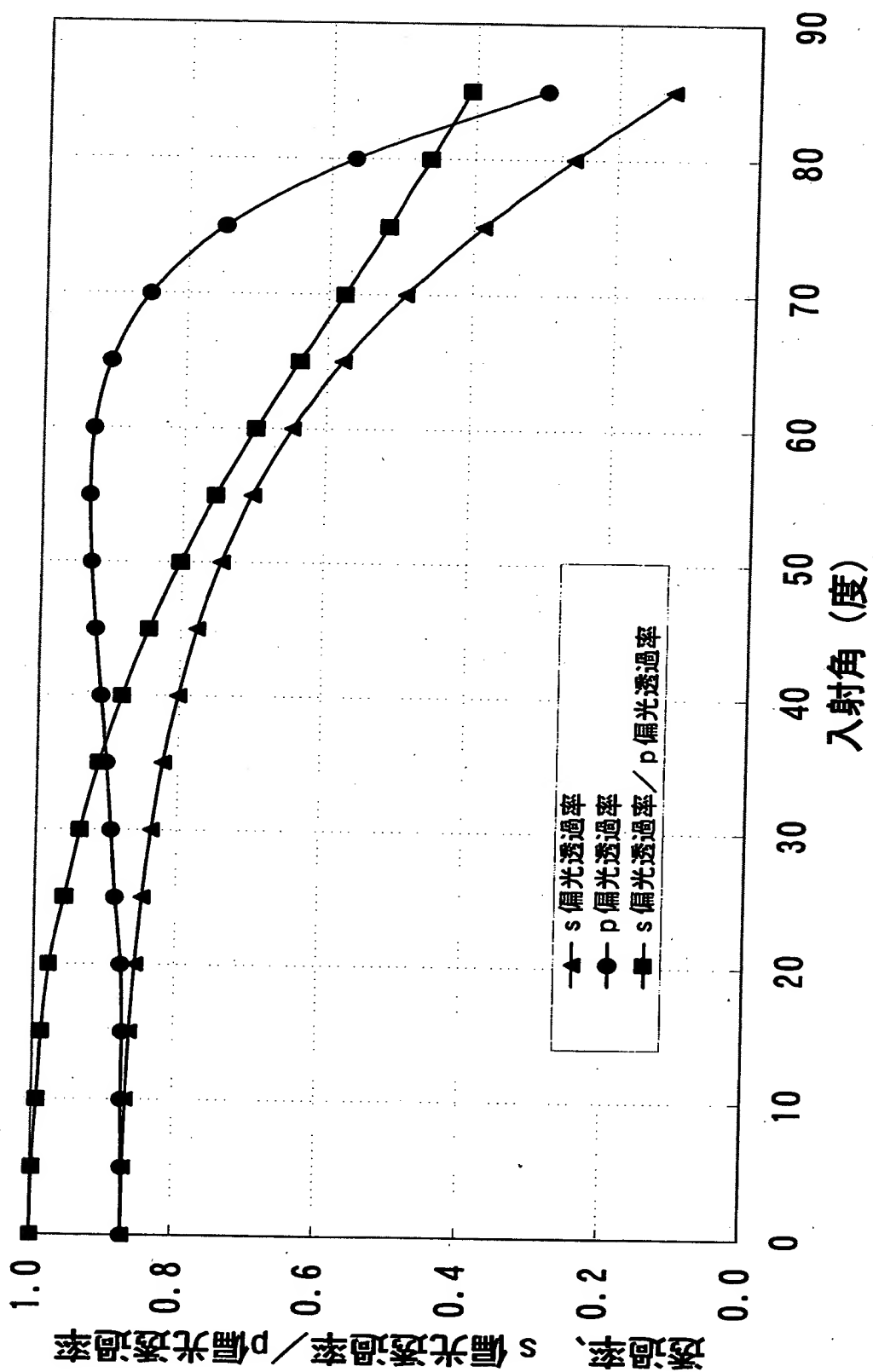
【図 6】



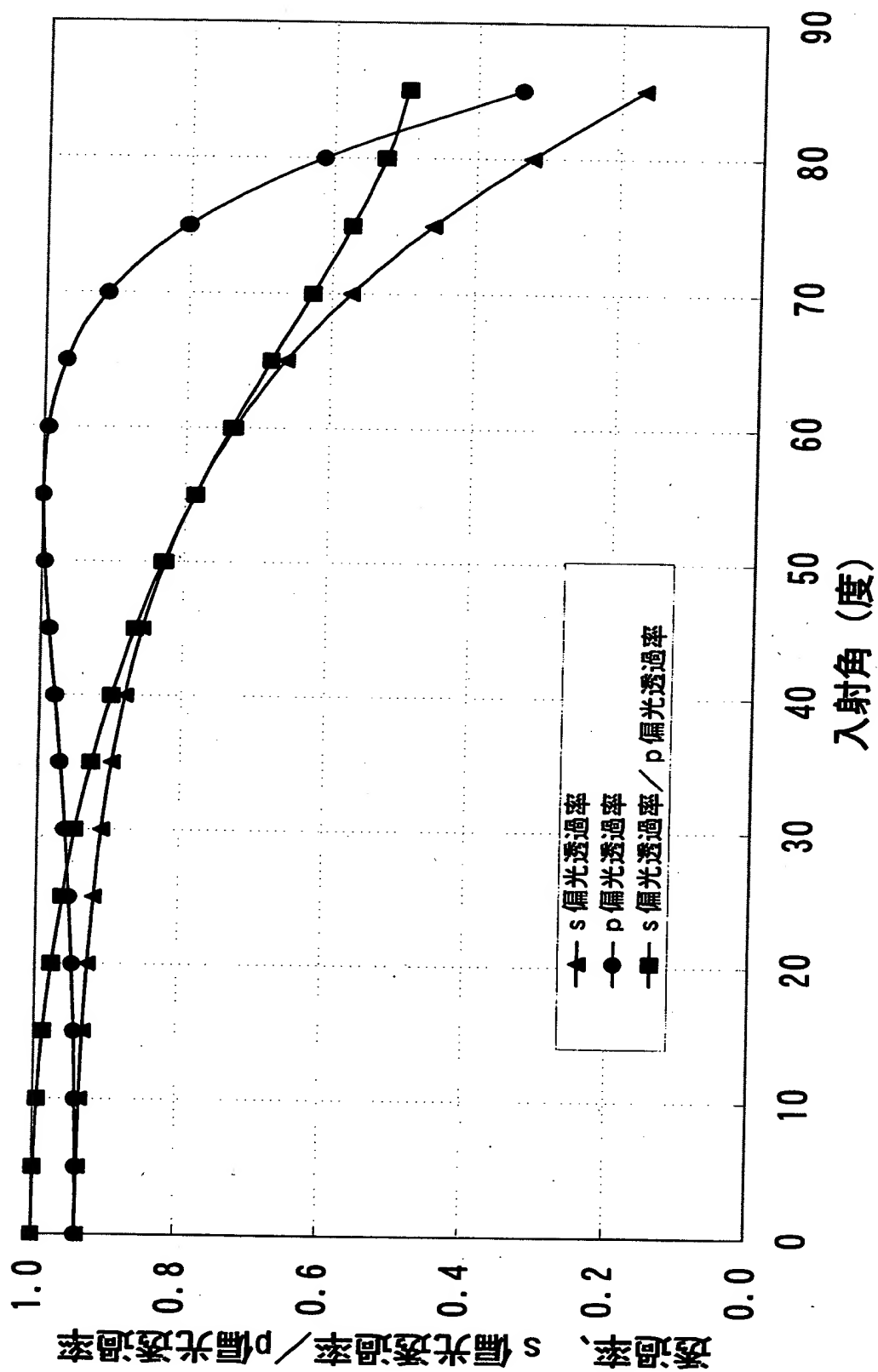
【図 7】



【図8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

透明平板を用いて偏光度を大きくするためには、入射角を大きくする必要があり、これを光学装置として用いた場合、装置の筐体が大型化してしまうという問題がある。また、この入射角を大きくすると、s 偏光および p 偏光とも低透過領域で用いることになり、取り出せる光の強度が低下するという問題があった。

【解決手段】

本発明の偏光フィルタは、透明平板基体 10 上に第一の誘電体薄膜 1 と入射光波長に対する屈折率が第一の誘電体薄膜のそれより低い第二の誘電体薄膜 2 とを交互に各 1 層以上 4 層以下積層し、その表面に入射光波長における屈折率が第一および第二の誘電体薄膜の間にある第三の誘電体薄膜 3 を 1 層積層してなる。この偏光フィルタを用いた光学装置において、20～70度の範囲で入射角を設定する。

【選択図】 図 1

特2000-261284

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-261284
受付番号	50001104269
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成12年 8月31日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 8月30日

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004008]

1. 変更年月日 1990年 8月22日
[変更理由] 新規登録
住 所 大阪府大阪市中央区道修町3丁目5番11号
氏 名 日本板硝子株式会社
2. 変更年月日 2000年12月14日
[変更理由] 住所変更
住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号
氏 名 日本板硝子株式会社